

O Sorgo na Alimentação Humana

133

Circular Técnica

Sete Lagoas, MG
Dezembro, 2009

AUTORES

Valéria Aparecida Vieira Queiroz
Nutricionista,
Dra. em Segurança Alimentar
Pesquisadora Embrapa Milho e
Sorgo
Sete Lagoas-MG.
valeria@cnpms.embrapa.br

Márcia Vizzotto
Engenheira Agrônoma,
PhD em Horticultura.
Pesquisadora Embrapa Clima
Temperado
Aracaju-SE

Carlos Wanderlei Piler de
Carvalho
Engenheiro Agrônomo, doutor
em Tecnologia de Extrusão
Pesquisador Embrapa
Agroindústria de Alimentos
Rio de Janeiro - RJ

Hércia Stampini Duarte Martino
Nutricionista, doutora em Ciência
e Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal de Viçosa
Viçosa - MG

Introdução

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é o quinto cereal mais importante do mundo, superado apenas por trigo, arroz, milho e cevada. É cultivado em áreas e situações ambientais muito secas e/ou muito quentes, onde a produtividade de outros cereais é antieconômica (AWIKA; ROONEY, 2004). Foi domesticado para consumo humano e animal na África, entre 3.000 e 5.000 anos atrás e, posteriormente, difundido para a Índia e a China. Atualmente, mais de 35 % é cultivado diretamente para consumo humano e o restante é usado, principalmente, na alimentação animal (AWIKA; ROONEY, 2004).

Por sua versatilidade e facilidade de produção, estima-se que o sorgo tem sido utilizado como alimento básico de mais de 500 milhões de pessoas que vivem em países em desenvolvimento, principalmente da África e da Ásia (MUTISYA et al., 2009). Nesses países, o cereal chega a suprir 70 % da ingestão calórica diária tendo, dessa forma, papel fundamental na segurança alimentar (DICKO et al., 2006; MUTISYA et al., 2009; ROONEY; AWIKA, 2005).

África e Ásia são responsáveis por mais de 95 % do total do sorgo utilizado como alimento humano no mundo. O consumo desse cereal pela população africana chega a quase 75 % do total dos grãos produzidos no país. Na Ásia, os principais países consumidores de sorgo são a China e a Índia, que respondem por quase 90 % do total (FAO, 1995).

Os grãos de sorgo têm sido empregados no preparo de diversos produtos alimentícios, tais como *bouillie* (tradicional na África e na Ásia), *tô* (usado na África Ocidental), *cuscuz* (alimento tradicional em toda a África), *injera* (usado na Etiópia), *nasha* e *ogi* (alimentos para lactentes; o primeiro é tradicional no Sudão e o segundo na Nigéria), *kisra* (pão fermentado tradicional do Sudão), *dolo*, *tchapallo*, *pito*, *burukutu* (cervejas tradicionais na África), *roti* e *chapatti* (pães não fermentados feitos de sorgo ou milheto, comuns na Índia, em Bangladesh, no Paquistão e em países árabes), *tortilhas* (na América Latina), produtos de panificação (Estados Unidos, Japão, África), dentre outros (ACHI, 2005; DICKO et al., 2005; FAO, 1995; MAHGOUB et al., 1999; YETNEBERK et al., 2004).

No Brasil, praticamente não há consumo de sorgo na alimentação humana. O cereal é cultivado, principalmente, visando à produção de grãos para suprir a demanda das indústrias de ração animal e como forragem, para alimentação de ruminantes (DYKES et al., 2005; TABOSA et al., 1993). Nas décadas de 80 e 90, estudos no Brasil mostraram que diversos tipos de farinhas mistas, incluindo sorgo + trigo, poderiam ser utilizadas na panificação, com pouca alteração na qualidade do produto. Na ocasião, a Embrapa Milho e Sorgo, em parceria com a Embrapa Agroindústria de Alimentos, chegou a desenvolver uma linha de pesquisa com o objetivo de identificar e avaliar genótipos de sorgo

que pudessem atender a esse mercado. Buscava-se, preferencialmente, cultivares que fornecessem farinhas brancas e isentas de tanino (SCHAFFERT, 1986).

Na maioria dos outros países, o sorgo também é utilizado basicamente na alimentação animal. Porém, o interesse no uso do cereal como alimento humano tem crescido, em virtude do mesmo ser considerado fonte potencial de nutracêuticos, além de não possuir glúten, podendo ser uma alternativa para o trigo na produção de alimentos, especialmente para os celíacos (DICKO et al., 2005; ROONEY, 2007).

Pesquisadores vêm demonstrando que o sorgo integral, além de fonte de carboidratos, é boa fonte de fibra alimentar e de compostos bioativos incluindo taninos, ácidos fenólicos e antocianinas, além de possuir quantidades consideráveis de amido resistente, minerais, tocoferóis e tocotrienóis (NILSSON et al., 1997; GLITSØ; BACH KNUDSEN, 1999; SHIN et al., 2004; AWIKA; ROONEY, 2004; KAMATHA et al., 2004; DICKO et al., 2006). Especulações a respeito da relação entre o consumo de sorgo e a prevenção de doenças cardiovasculares, obesidade e alguns tipos de câncer também têm surgido (AWIKA; ROONEY, 2004; DICKO et al., 2006). Assim, o interesse no uso do sorgo na alimentação humana passou a renascer sob novo ponto de vista, do efeito protetor dos seus nutrientes e fitoquímicos na saúde humana.

Características tecnológicas dos grãos de sorgo para a indústria de alimentos

Segundo Rooney (2001), é possível confeccionar produtos alimentícios de qualidade a partir de cultivares de sorgo selecionadas com boas características tecnológicas. Cultivares de grãos brancos apresentam boas propriedades para processamento e têm sido utilizadas com sucesso na confecção de uma variedade de produtos, como biscoitos tipo “cookies”, tortilhas e massas alimentícias, usualmente elaborados

com outros cereais, principalmente o trigo. Esses produtos de sorgo, normalmente, apresentam sabor suave e cor branca, o que é bastante desejável para esse tipo de produto (SANCHEZ, 2003).

Em países como Japão e Estados Unidos, a farinha de sorgo branco vem sendo utilizada na produção de “snacks” expandidos, biscoitos e alimentos étnicos (ROONEY, 2001). Rooney (2007) relatou que, na América Central, sorgos de boa qualidade produzem alimentos bastante palatáveis, de aparência e qualidade consistentes e preços competitivos. Em El Salvador, farinhas provenientes de cultivares melhoradas de sorgo têm sido usadas em pequenas padarias para produzir pães, muffins, roscas e outras variações desses produtos, havendo grande interesse de indústrias de panificação formais da cidade em utilizar a farinha de sorgo branco (ROONEY, 2007).

Demonstrou-se que os farelos provenientes de cultivares de sorgo mais pigmentados, como os marrons e os vermelhos, em combinação com outros ingredientes, fornecem produtos de panificação de coloração mais escura, bastante desejável devido à aparência “natural” e saudável de produto integral. Usualmente, na indústria alimentícia, são utilizados corantes para conseguir tal efeito; como exemplo, tem-se o caramelo no pão de centeio (AWIKA; ROONEY, 2004).

De acordo com González (2005), extrusados de excelentes sabor, aparência e textura foram obtidos tanto de grãos integrais quanto decorticados a partir de sorgos branco e marrom, podendo ser uma excelente opção para a indústria alimentícia. Nesse mesmo trabalho, concluiu-se que o sorgo com tanino também produziu bons extrusados, possibilitando a agregação de valor do produto devido às propriedades nutracêuticas do tanino. Além disso, sua aparência marrom avermelhada pode ser uma vantagem em produtos especiais.

Da mesma forma, Sanchez (2003) relatou que a farinha de sorgo com composição e distribuição de tamanho de partículas similares às de milho produziu extrusados com maior expansão,

menor densidade e aceitação igual às aquelas feitas com farinha de milho, em condições semelhantes (Figura 1). Extrusados elaborados

a partir de arroz polido também expandiram menos que os extrusados feitos a partir de sorgo.



Figura 1 – Aparência física de extrusados feitos com grãos de sorgo inteiros integrais (A), grãos de sorgo inteiros 20 % decorticados (B) e com farinhas de sorgo (C) e de milho (D) (Adaptado de SANCHEZ, 2003)

Pesquisas recentes têm indicado que cultivares de sorgo comercializadas atualmente no Brasil também têm potencial para utilização na indústria de alimentos. A análise granulométrica da farinha de sorgo de 7 cultivares comerciais e de 1 linhagem de sorgo da Embrapa Milho e Sorgo mostraram maior percentagem de farinha retida na peneira de abertura 0,42 mm, demonstrando que essas possuem granulometria grossa (Figura 2), semelhante à do fubá integral. Assim, os autores concluíram que as farinhas de sorgo obtidas no experimento possuem características granulométricas adequadas para a confecção de pastas, mingaus, diferentes tipos de biscoito e massas

alimentícias e podem ainda ser refinadas para produção de pães e bolos, por exemplo (CONCEIÇÃO et al., 2009). A característica granulométrica da matéria-prima constitui aspecto relevante na elaboração de produtos alimentícios, pois a distribuição adequada de partículas permite maior uniformidade do produto elaborado. A granulometria influencia diretamente a capacidade de absorção de água e as características sensoriais (como aparência, sabor e textura) dos alimentos processados (BORGES et al., 2003). Entretanto, segundo Pyler (1988), granulometria extremamente fina da farinha não é sinônimo de qualidade.

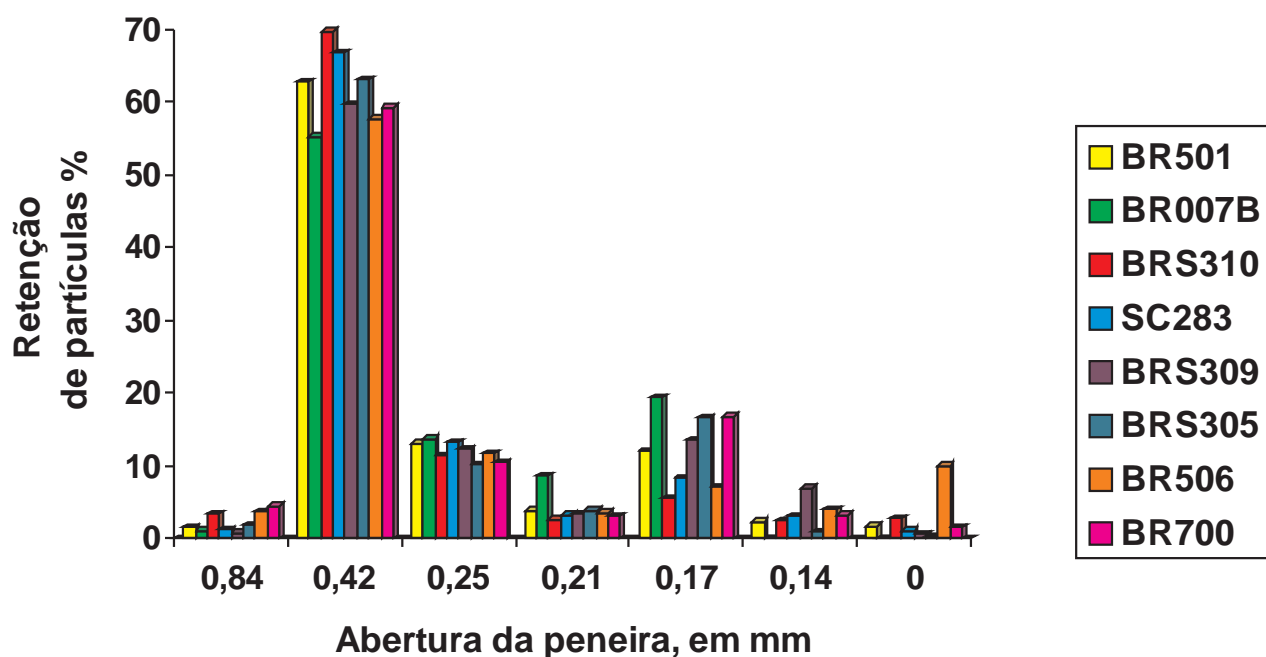


Figura 2: Distribuição granulométrica das farinhas de diferentes cultivares de sorgo (CONCEIÇÃO et al., 2009)

A Embrapa Milho e Sorgo iniciou em 2007 uma linha de pesquisa visando ao desenvolvimento de produtos com sorgo para uso na alimentação humana. Um exemplo disso foi a elaboração, em parceria com o Centro Universitário de Belo Horizonte - Uni-BH, da barra de cereais com pipoca de sorgo (Figura 3). Foi realizada análise sensorial do protótipo do produto, por meio de escala hedônica de 9 pontos, obtendo-se médias entre os termos hedônicos “gostei moderadamente” e “gostei muito” para os atributos aparência geral, sabor, textura e cor, respectivamente. Verificou-se 100 % de aceitação da barra de cereal quanto aos atributos aparência geral e sabor e 92,5 % e 96,3 % quanto à cor e à textura, respectivamente

(QUEIROZ et al., 2008). Quando questionados a respeito da intenção de compra do produto, 94 % dos avaliadores afirmaram que comprariam o produto, demonstrando boa aceitação do mesmo. Posteriormente, em conjunto com a Embrapa Agroindústria de Alimentos, foram produzidos, em testes preliminares, snacks e farinhas extrusadas com grãos de sorgo de pericarpos vermelho e branco (Figura 4), que apresentaram sabor suave e alta palatabilidade, resultados considerados promissores (CARVALHO, 2009). Com base nesses resultados, imagina-se que, também no Brasil, existe potencial para uso do sorgo na confecção de produtos alimentícios.



Figura 3 – Barra de cereais com pipoca de sorgo (QUEIROZ et al., 2008)



Figura 4 – Produtos extrusados de sorgo: snacks (A) e farinha (B) de sorgo de pericarpo vermelho; snacks (C) e farinha (D) de sorgo de pericarpo branco (CARVALHO, 2009)

Valor nutricional do sorgo

O valor nutricional do sorgo é semelhante ao do milho e varia bastante entre as cultivares, sendo influenciado, também, pelas condições do ambiente onde é cultivado (WANISKA, 2000). O amido é o principal componente dos grãos, seguido por proteínas, polissacarídeos não amiláceos e lipídios (DICKO et al., 2006). A Tabela 1 mostra a composição química de grãos de sorgo e em seus diferentes tecidos anatômicos (pericarpo, endosperma e gérmen)

de acordo com Waniska (2000). Na Tabela 2, encontra-se a composição química de oito genótipos de sorgo da Embrapa Milho e Sorgo, avaliados por Conceição et al. (2009). Os resultados mostrados na Tabela 2 não incluem dados sobre a composição de fibras e amido, devido aos mesmos não terem sido publicados até o momento. Verifica-se que, para proteínas, lipídios e cinzas, há menor variação nos teores relatados por Conceição et al. (2009) em relação àqueles citados por Waniska (2000). Porém, em ambas referências, há coerência entre os dados apresentados.

Tabela 1 - Composição química (%) de grãos de sorgo inteiros e em seus diferentes tecidos anatômicos

		Grão inteiro	Endosperma	Germe	Pericarpo
Grão inteiro	Média	100	84.2	9.4	6.5
	Min - máx	-	81.7- 86.5	8.0 – 10.9	4.3 – 8.7
Proteínas	Média	11.3	10.5	18.4	6.0
	Min - máx	7.3-15.6	8.7-13.0	17.8-19.2	5.2-7.6
	Distribuição	100	80.9	14.9	4.0
Fibra alimentar	Média	2.7	-	-	-
	Min - máx	1.2 – 6.6	-	-	-
	Distribuição	100	-	-	-
Lipídios	Média	3.4	0.6	28.1	4.9
	Min - máx	0.5-5.2	0.4-0.8	26.9-30.6	3.7-6.0
	Distribuição	100	13.2	76.2	10.6
Cinzas	Média	1.7	0.4	10.4	2.0
	Min - máx	1.1-2.5	0.3-0.4	-	-
	Distribuição	100	20.6	68.6	10.8
Amido	Média	71.8	82.5	13.4	4.6
	Min - máx	55.6-75.2	81.3-83.0	-	-
	Distribuição	100	94.4	1.8	3.8

Fonte: Adaptado de Waniska (2000)

Tabela 2: Composição química (%) e valor calórico (kcal) de genótipos de sorgo da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Genótipo	Proteína	Lipídios	Carboidratos*	Cinzas	Água	Calorias
	%					kcal
BR501	9.91	3.07	73.90	1.51	11.59	362.8
BR007B	10.31	2.33	73.97	1.46	11.90	358.0
BRS310	11.59	2.61	71.80	1.43	12.85	357.0
BR700	8.57	1.94	76.36	1.23	11.88	357.1
BRS309	11.97	2.48	72.92	1.36	11.25	361.8
BRS305	10.11	2.60	73.48	1.32	12.45	357.7
BR506	11.43	2.36	72.37	1.93	11.89	356.4
SC283	10.99	1.24	73.69	1.49	12.56	349.8
Média	10.61	2.33	73.56	1.47	12.05	357.6
Min - máx	8.5 -11.97	1.24-3.07	71.8-76.36	1.23-1.93	11.25-12.85	349.8-362.8

Fonte: Adaptado de Conceição et al. (2009) ; *sem descontar fibra alimentar.

Uma grande variabilidade genética tem sido observada no que tange às concentrações de proteínas nas diferentes cultivares de sorgo (REDDY; ESWARA, 2002). No entanto, a proteína do grão de sorgo integral é considerada de baixo valor biológico por ser deficiente em lisina, aminoácido essencial para o organismo humano. De acordo com os dados apresentados por Waniska (2000), os teores de proteínas dos grãos desse cereal variam entre 7,3 % e 15,6 %, com média de 11,3 %, variação um pouco superior à encontrada nas cultivares da Embrapa Milho e Sorgo (Tabela 2).

Os lipídios dos grãos de sorgo estão presentes, principalmente, no germe e as fibras concentram-se no pericarpo (Tabela 1). Assim, tanto a concentração de lipídios quanto a de fibras na farinha de sorgo dependerão da extensão da remoção do pericarpo e do gérmen nos processos de decorticação, degerminação e

moagem dos grãos. A composição lipídica dos grãos é semelhante à do milho, com grande concentração de ácidos graxos poli-insaturados (ANGLANI, 1998; GLEW et al., 1997).

O valor energético total da farinha de sorgo obtida dos genótipos avaliados da Embrapa Milho e Sorgo variou entre 349.8 kcal e 362.8 kcal, com média de 357,6 kcal, corroborando com o valor de 356 kcal/100g relatado por Dicko et al. (2006).

Os minerais, que na Tabela 2 são representados pelas cinzas, encontram-se em maior concentração no gérmen, com cerca de 68 % do total do grão. Glew et al. (1997) e Anglani (1998) relataram ser o sorgo boa fonte de mais de 20 minerais como fósforo, potássio, ferro e zinco. Thomaz et al. (2009) quantificaram a concentração dos minerais Mn, Cr, Zn, Pb, Ni, Cd, Cu, Fe, Mg, Ca, P, Al, e S em oito genótipos

de sorgo da Embrapa Milho e Sorgo: BR 501, BR 506, BR 700, BRS 305, BRS 309, BRS 310, BR007 e SC 283 (linhagem). Segundo esses autores, de todos os elementos investigados, os predominantes foram: o P, o Mg, e o S, com concentrações entre 179,59 e 278,48 mg/100g; 79,02 a 147,84 mg/100 g-1 e 66,97 e 100,85 mg/100 g-1, respectivamente. Além disso, observaram grande variação nas concentrações de ferro (0,47 a 5,87 mg 100g⁻¹), sendo que, as cultivares BR506, BR700, BR501 apresentaram os maiores valores deste mineral. Assim, Thomaz et al. (2009) concluíram que as cultivares de sorgo analisadas apresentam fontes diferenciadas de minerais podendo ser utilizadas na alimentação humana como fonte de alguns deles.

Reis et al. (2009) investigaram as concentrações de isômeros da vitamina E: α -, β -, γ -, δ -tocoferóis e α -, β -, γ -, δ -tocotrienóis nas mesmas cultivares de sorgo supracitadas. Os autores verificaram que, dos oito isômeros investigados, foram encontrados apenas o α - e γ -tocoferol nos grãos do cereal, com predominância para o último, com concentrações entre 147,33 e 250,40 μ g/100g de matéria fresca (MF). O α -tocoferol variou de 60,66 a 136,57 μ g/100g MF. Dentre as cultivares analisadas, a que mais se destacou com relação à concentração de vitamina E foi a BRS 310, com conteúdo de 386,96 μ g/100g.

Compostos bioativos de interesse na saúde humana presentes nos grãos de sorgo

Características de interesse em nutrição e saúde também têm sido descritas nos grãos de sorgo, como presença de amido resistente, fibra alimentar e diversos componentes bioativos (GLITSØ; BACH KNUDSEN, 1999; NILSSON et al., 1997; SHIN et al., 2004; DICKO et al., 2006). Essas substâncias, bastante desejáveis na alimentação humana, encontram-se distribuídas em diferentes partes do grão: pericarpo, na testa, na camada de aleurona e no endosperma.

Fibras e amido resistente

Tem sido demonstrado que a fibra alimentar pode contribuir com a saúde cardiovascular e gastrointestinal, na prevenção do câncer e no controle do diabetes tipo 2 (TOELLER, 2002). A Associação Americana de Dietética (ADA) recomenda que os adultos consumam entre 20 e 35 g de fibra por dia (OHR, 2004; TOELLER, 2002). O farelo de sorgo é uma boa fonte de fibras insolúveis, que podem ser utilizados para aumentar o teor de fibra alimentar quando adicionado a produtos como pães, biscoitos, “snacks” e outros, embora os impactos da adição de farelo nas propriedades tecnológicas e sensoriais dos produtos elaborados necessitem ser avaliados (BERENJI; DAHLBERG, 2004).

O amido resistente, por não ser digerido no intestino delgado, torna-se disponível como substrato para fermentação pelas bactérias anaeróbicas do cólon (JENKINS et al., 1998), compartilhando, dessa forma, muitas características e benefícios atribuídos à fibra alimentar no trato digestório (BERRY, 1986; MUIR; O'DEA, 1992). Têm sido atribuídos, ao amido resistente, efeitos fisiológicos benéficos, como redução da glicemia pós-prandial (desejável no diabetes) e dos níveis de LDL e de triglicerídeos plasmáticos (WALTER et al., 2005). Adicionalmente, o amido resistente contribui para o aumento do volume fecal, modificação da microflora do cólon, aumento da excreção fecal de nitrogênio e, possivelmente, redução do risco de câncer de cólon (JENKINS et al., 1998). Apesar das evidências indicando que o amido resistente é fisiologicamente benéfico, os níveis de consumo ainda permanecem relativamente baixos (BRIGHENTI et al., 1998; JOHNSON; GEE, 1996; VORAGEN, 1998). Isso pode ser atribuído a vários fatores, incluindo a disponibilidade limitada de fontes adequadas desses carboidratos. Assim, pesquisas que objetivem identificar novas fontes de amido resistente são necessárias. Platel e Shurpalekar (1994) determinaram os teores de amido resistente em alguns cereais, leguminosas e hortaliças após o processamento e relataram que, entre os alimentos estudados, o sorgo apresentou elevada concentração desse

composto.

Compostos antioxidantes

O sorgo tem sido considerado fonte potencial de nutracêuticos, dentre eles, taninos, ácidos fenólicos e antocianinas, cujos níveis variam de acordo com os genótipos. Algumas frações dos grãos, especialmente o pericarpo, têm alta capacidade antioxidante in vitro e podem

oferecer benefícios à saúde, usualmente associados às frutas (AWIKA et al., 2003; AWIKA; ROONEY, 2004; KAMATHA et al., 2004). Na Tabela 3, pode-se observar a alta capacidade de absorção de radical oxigênio (ORAC, indicador da capacidade antioxidante) apresentada pelos farelos de sorgo contendo tanino, em comparação a frutas usualmente citadas como fontes de antioxidantes, demonstrando seu elevado potencial como fonte natural dessas substâncias.

Tabela 3 – Capacidade antixidante (ORAC) dos farelos de sorgo contendo tanino comparados com frutas

Produto	ORAC (base seca)
Farelos de sorgo contendo tanino	2400-3100
Mirtilos (“blueberries”)	87-870
Morangos	356-400
Ameixas	452-600
Uvas	100
Melancia	15
Laranja	80-150

Adaptado de Awika e Rooney (2004)

Os ácidos fenólicos (AF) do sorgo, na maioria, são derivados dos ácidos benzóico ou cinâmico e encontram-se concentrados no pericarpo (farelo) dos grãos. Os ácidos fenólicos identificados nesse cereal incluem o ácido gálico, p-hidroxibenzóico, vanílico, siríngico, protocatecuico, cumárico, caféico, ferúlico, sinapico, entre outros (AWIKA; ROONEY, 2004; DYKES; ROONEY, 2006; WANISKA et al., 1989). Esses compostos apresentam boa atividade antioxidante *in vitro* e podem vir a contribuir, significativamente, com os benefícios à saúde normalmente associados ao consumo de grãos integrais. Diferenças significativas são observadas na composição dos ácidos fenólicos entre cultivares de sorgo. Nas variedades de sorgo branco, que normalmente têm níveis muito baixos de flavonóides, os AFs são uma importante fonte de atividade antioxidante (AWIKA; ROONEY, 2004).

Todos os tipos de sorgo contêm ácidos fenólicos e a maioria contem flavonóides. Entretanto, somente as cultivares com testa pigmentada produzem taninos condensados ou proantocianidinas. As cultivares de pericarpo negro geralmente apresentam os teores mais elevados desses compostos, seguidas pelas de pericarpo marrom e vermelho (DYKES et al., 2005; DICKO et al., 2005). Os taninos são compostos fenólicos solúveis em água, com peso molecular entre 500 e 3.000 Daltons e são classificados em duas categorias: taninos hidrolisáveis e não hidrolisáveis ou condensados. Os taninos são amplamente distribuídos nas frutas, nas hortaliças, no vinho tinto e em grãos como sorgo, milheto e leguminosas (CHUNG et al., 1998). No sorgo, os taninos estão localizados na testa, espessa camada localizada logo abaixo do pericarpo. O sorgo do tipo marrom possui testa espessa pigmentada e devido a isso é superior aos demais tipos no que tange à concentração de fenólicos totais, taninos e atividade antioxidante (AWIKA, 2003).

É frequentemente divulgado que os taninos diminuem a eficiência alimentar e a digestibilidade da proteína em experimentos de nutrição animal. Assim, alimentos ricos em

taninos têm sido historicamente considerados indesejáveis do ponto de vista nutricional (CHUNG et al., 1998). Entretanto, evidências recentes a respeito do potencial antioxidante dos taninos, com efeitos benéficos para a saúde humana, vem mudando esse conceito (HAGERMAN et al., 1998; RIEDL; HAGERMAN, 2001). Os taninos mostraram efeitos anticarcinogênicos, antimutagênicos e propriedades antimicrobianas, que podem estar relacionados às suas características antioxidantes, importantes na proteção das células contra danos oxidativos (CHUNG et al., 1998). Hagerman et al. (1998) verificaram que os taninos são de 15 a 30 vezes mais eficazes em quelar radicais peróxil que os compostos fenólicos mais simples.

Estudos mostram que a mudança nos hábitos alimentares dos africanos negros, que passaram a consumir milho em vez de sorgo, levou ao aumento na incidência de câncer de esôfago (ISAACSON, 2005). Estudos *in vitro* demonstram que o sorgo de pericarpo negro induziu enzimas detoxificantes (fase II) e extratos de sorgos com teor mais elevado de taninos revelaram forte potencial antiproliferativo contra células de câncer de esôfago (OE33) e cólon (HT-29). Assim, os extratos de sorgo apresentaram forte potencial quimiopreventivo independente da sua atividade antioxidante (AWIKA et al., 2009; YANG et al., 2009).

Além disso, é amplamente relatado que genótipos contendo tanino reduzem a disponibilidade calórica e, devido a isso, reduzem o ganho de peso dos animais. Nesse contexto, especula-se que essas substâncias têm potencial, também, para auxiliar nos controles do diabetes e da obesidade em humanos (AWIKA; ROONEY, 2004; DICKO et al., 2005; DYKES et al., 2005; ROONEY, 2007).

As antocianinas, segundo revisão feita por Cedillo Sebastian (2005), são pigmentos solúveis em água responsáveis pelas cores vermelho, azul e violeta de frutas e outros alimentos e que possuem propriedades antiinflamatórias, anticâncer, quimioprotetoras e vasoprotetoras. No sorgo, esses pigmentos encontram-se concentrados no pericarpo. Assim,

as cultivares de sorgo negro são as mais ricas, seguidas das marrons e das vermelhas (AWIKA, 2000; AWIKA et al., 2005; DYKES et al., 2005). As antocianinas mais comuns nesse cereal são as 3-deoxyanthocyanidins, que incluem a apigeninidina e a luteolinidina (GOUS, 1989). Essas são relativamente raras (CLIFFORD, 2000) e apresentam boa estabilidade em meio ácido em comparação com as outras antocianidinas normalmente encontradas nas frutas e hortaliças. Devido a isso, as antocianinas do sorgo são consideradas com grande potencial para a produção de corantes naturais com propriedades nutraceuticas, os quais encontram-se em demanda crescente pela indústria de alimentos (AWIKA et al., 2004).

Policosanóis

Os policosanóis são uma mistura de álcoois alifáticos de cadeia longa e alto peso molecular, que vêm sendo considerados como alternativa natural, segura e eficaz para reduzir os níveis de colesterol sanguíneo e a redução plaquetária (ARRUZABALA et al., 1996). Seu potencial é comparável ao das estatinas, que são medicamentos caros e potencialmente perigosos (McCARTHY, 2002; CASTANO et al., 2002).

Há escassez de informações a respeito dos policosanóis em cereais. A maioria dos relatos disponíveis na literatura baseiam-se em dados de cana-de-açúcar. No sorgo, os policosanóis compreendem cerca de 0,2 % do grão, concentração geralmente superior à de outros cereais. Os mais abundantes nesse cereal são o octacosanol (C28) e o triacontanol (C30) que, juntos, compreendem entre 19 e 46 % da cera dos grãos, o que representa cerca de 38 a 92 mg de policosanóis em cada 100 g de grãos de sorgo (BUNGER; KUMMEROW, 1951; DALTON; MITCHELL, 1959; SEITZ, 1977, citados por AWIKA; ROONEY, 2004; AVATO et al., 1990). De acordo com Hwang et al. (2004), os grãos de sorgo poderão ser utilizados como fonte comercial de policosanóis e, com base no atual valor de mercado, Weller e Hwang (2003) citados por Awika e Rooney (2004), relatam que

esses compostos poderão ser os de maior valor comercial desses grãos.

Sorgo e segurança alimentar

Segundo Dicko et al. (2006), o futuro promissor do sorgo no mundo desenvolvido está na substituição do trigo em alimentos destinados a celíacos, por ser isento de glúten, rede protéica responsável pelas características estruturais e propriedades viscoelásticas da massa do pão. A doença celíaca, frequentemente chamada de enteropatia sensível ao glúten, é causada por uma reação do organismo à gliadina. A melhoria dos métodos de diagnóstico tem revelado uma alta incidência de intolerância ao glúten no Ocidente, implicando em demanda ascendente por novos produtos nutritivos, de alta qualidade e isentos de glúten (ANTON; ARTFIELD, 2008). Estima-se que 1 em cada 100 a 200 pessoas nos Estados Unidos e na Europa tenha doença celíaca. No Brasil, ainda não temos um número oficial, mas na última pesquisa publicada pela Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), em um estudo feito com adultos doadores de sangue, o resultado apresentou incidência de 1 celíaco para cada grupo de 214 moradores de São Paulo (FEDERAÇÃO NACIONAL DAS ASSOCIAÇÕES DE CELÍACOS DO BRASIL, 2009). O tratamento das pessoas afetadas com a doença é basicamente dietético e consiste na exclusão dessa proteína da dieta, limitando sua escolha a produtos alimentares elaborados com cereais sem glúten (SDEPANIAN et al., 2001). Esse é o principal desafio para os celíacos: a disponibilidade de alimentos saudáveis no mercado, considerando que o trigo é o cereal mais utilizado como fonte de matéria-prima na panificação. Para os pesquisadores da área, o desafio está em desenvolver produtos de panificação com características semelhantes aos dos produtos de trigo, porém sem glúten (BEAN, 2005). Estudos no exterior têm sido conduzidos com a finalidade de desenvolver produtos com sorgo destinados a esse público (SCHOBER et al., 2005, 2007; HAMAKER, 2007). Porém, no Brasil esses trabalhos estão apenas começando.

Por fim, tem sido relatado que o sorgo apresenta atividade antimicrobiana, o que pode ser interessante para a indústria alimentícia (KIL et al., 2009). O problema com micotoxinas é bem menos intenso na cultura do sorgo do que na do milho, contribuindo para a segurança alimentar. As fumonisinas não têm sido encontradas em quantidades significantes em sorgo e as aflatoxinas, encontradas em altos níveis em milho armazenado em condições inadequadas de umidade, ocorrem em menor intensidade em sorgo sob as mesmas condições de armazenamento (WANISKA, 2000). Proteínas que inibem o crescimento de fungos, dentre eles o *Fusarium moniliforme* Sheld., têm sido identificadas em extratos de grãos de sorgo (KIL et al., 2009; KUMARI et al., 1996, 2006).

Perspectivas do uso do sorgo na alimentação humana

O sorgo, que atualmente é subutilizado na alimentação humana na maior parte do mundo, é sem dúvida fonte potencial de fitoquímicos, que têm importante papel na promoção da saúde humana. Algumas aplicações potenciais de sorgo incluem (AWIKA; ROONEY, 2004):

- **Uso alimentar direto:** os grãos inteiros podem ser utilizados como cereal cozido, em produtos extrusados e em outros produtos à base de cereal, como pães, biscoitos e massas, como substitutos parciais ou totais. O farelo de sorgo pode ser utilizado para enriquecer em fibras e em compostos bioativos diversos produtos alimentícios, sem alterar os atributos sensoriais.
- **Extração de componentes ativos para uso comercial:** a maioria dos fitoquímicos estão concentrados no pericarpo dos grãos de sorgo (farelo). Essa fração é facilmente separada por decorticação dos grãos e poderá, então, ser usada para extrair os diversos fitoquímicos presentes no sorgo e destiná-los para aplicações terapêuticas. Como exemplo, temos os policosanóis, compostos de elevado valor comercial, e as antocianinas, relatadas como mais estáveis que as antocianinas de frutas e

que poderão ser empregadas como corantes naturais com propriedades funcionais para uso em alimentos.

Considerações finais

O sorgo é uma cultura com futuro promissor por ser mais econômica, tanto em demanda de água quanto em custo de produção. Além disso, as descobertas mais recentes a respeito dos diversos compostos bioativos, presentes em determinadas cultivares, tem mostrado que o sorgo, especialmente o farelo, é fonte potencial de nutracêuticos de impacto na saúde humana.

Por outro lado, por não possuir glúten, o cereal desponta também como uma alternativa viável e de baixo custo para substituir o trigo em produtos destinados a celíacos, os quais estão com demanda ascendente.

Assim, programas de melhoramento genético de sorgo que sejam capazes de identificar e selecionar cultivares com melhores características tecnológicas e nutricionais certamente contribuirão para aumentar a produção de alimentos de elevado valor agregado para fins especiais e funcionais, melhorando, conseqüentemente, a segurança alimentar. Os produtos de sorgo serão bem sucedidos na competição com o arroz, o milho e o trigo, desde que apresentem a conveniência e a qualidade desejada pelos consumidores.

Entretanto, há necessidade de um maior número de pesquisas visando a validar os efeitos antioxidantes dos diversos componentes bioativos relatados no sorgo, tanto com estudos *in vitro* quanto *in vivo*. Da mesma forma, trabalhos sobre a retenção desses compostos nas diversas formas de processamento dos grãos e nos produtos elaborados são ainda escassos na literatura, necessitando maiores esclarecimentos.

Referências

- ACHI, O. K. The potential for upgrading traditional fermented foods through biotechnology. **African Journal of Biotechnology**, v. 4, p. 375-380, 2005.
- ANGLANI, C. Sorghum for human food: a review. **Plant Foods for Human Nutrition**, New York, v. 52, p. 85-89, 1998.
- ANTON, A. A.; ARTFIELD, S. D. Hydrocolloids in gluten-free breads: a review. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 59, n. 1, p. 11-23, 2008.
- ARRUZAZABALA, M. L.; VALDÉS, S.; MÁS, R.; FERNÁNDEZ, L.; CARBAJAL, D. Effect of policosanol successive dose increases on platelet aggregation in healthy volunteers. **Pharmacological Research**, London, v. 34, p. 181-185, 1996.
- AVATO, P.; BIANCHI, G.; MURELLI, C. Aliphatic and cyclic lipid components of Sorghum plant organs. **Phytochemistry**, Elmsford, v. 29, p. 1073-1078, 1990.
- AWIKA, J. M. **Antioxidant properties of sorghum**. 2003. Tese (Doutorado) - Texas A & M University, College Station.
- AWIKA, J. M. **Sorghum phenols as antioxidants**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Texas A & M University, College Station.
- AWIKA, J. M.; McDONOUGH, C. M.; ROONEY, L. W. Decorticating sorghum to concentrate healthy phytochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 16, p. 6230-6234, 2005.
- AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential aspects on human health. **Phytochemistry**, Elmsford, v. 65, p. 1199-1221, 2004.
- AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D. Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. **Food Chemistry**, London, v. 90, p. 293-304, 2004.
- AWIKA J. M.; ROONEY L. W.; WU, X. L.; PRIOR, R. L.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, p. 6657-6662, 2003.
- AWIKA, J. M.; YANG, L.; BROWNING, J. D.; FARAJ, A. Comparative antioxidant, antiproliferative and phase II enzyme inducing potential of sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. **Food Science and Technology**, Zurich, v. 42, p. 1041-1046, 2009.
- BADI, S.; PEDERSEN, B.; MONOWAR, L.; EGGUM, B. O. The nutritive value of new and traditional sorghum and millet foods from Sudan. **Plant Foods for Human Nutrition**, New York, v. 40, p. 5-19, 1990.
- BEAN, S. Gluten-free bread from sorghum: quality differences among hybrids. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 82, n. 4, p. 394-404, 2005.
- BERENJI, J.; DAHLBERG, J. Perspectives of sorghum in Europe. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 190, n. 5, p. 332- 338, 2004.
- BERRY, C. S. Resistant starch: formation and measurement of starch that survives exhaustive digestion with amylolytic enzymes during the determination of dietary fibre. **Journal of Cereal Science**, London, v. 4, p. 301-314, 1986.
- BORGES, J. T. S.; ASCHER, J. L. R.; ASCHERI, D. R.; NASCIMENTO, R. E.; FREITAS, A. S. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Wild) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*, L) polido por extrusão termoplástica. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 303-322, 2003.
- BRIGHENTI, F.; CASIRAGHI, C. M.; BAGGIO, C.

Resistant starch in the Italian diet. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 80, p. 333-341, 1998.

BUNGER, W. B.; KUMMEROW, F. A. A comparison of several methods for the separation of unsaponifiable material from carnauba and grain sorghum waxes. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Champaign, v. 28, p.121-123, 1951.

CARVALHO, C. W. P. **Fotos do processamento do sorgo vermelho e branco** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <valeria@cnpmc.embrapa.br> em 28 jul. 2009.

CASTANO, G.; MENENDEZ, R.; MAS, R.; AMOR, A.; FERNANDEZ, J. L.; GONZALEZ, R. L.; ALVAREZ, E. Effects of lovastatin on lipid profile and lipid peroxidation in patients with dyslipidemia associated with type 2 diabetes mellitus. **International Journal of Clinical Pharmacology Research**, v. 22, n. 3/4, 89-99, 2002.

CEDILLO SEBASTIAN, G. **Nutraceutical tortillas and tortilla chips prepared with bran from specialty sorghums**. 2005. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Texas A & M University, College Station.

CHUNG, K. T.; WONG, T. Y.; WEI, C. I.; HUANG, Y. W.; LIN, Y. Tannins and human health: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 38, p. 421-464, 1998.

CLIFFORD, M. N. Anthocyanins: nature, occurrence and dietary burden. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 80, p. 1063-1072, 2000.

CONCEIÇÃO, L. L.; QUEIROZ, V. A. V.; RODRIGUES, J. A. S.; PIROZI, M. R.; TARDIN, F. D.; DANTAS, M. I. S.; MARTINO, H. S. D. Caracterização nutricional tecnológica de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor*) destinados a alimentação humana. In: CONGRESSO MINEIRO DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO, 2009, Ouro Preto. **Resumos expandidos**. Ouro

Preto: UFOP, 2009. v. 3.

DALTON, J. L.; MITCHELL, H. L. Fractionation of grain sorghum wax. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 7, p. 570-573, 1959.

DICKO, M. H.; GRUPPEN, H.; TRAORE, A. S.; VAN BERKEL, W. J. H.; VORAGEN, A. G. J. Evaluation of the effect of germination on phenolic compounds and antioxidant activities in sorghum varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, p. 2581-2588, 2005.

DICKO, M. H.; GRUPPEN, H.; TRAORÉ, A. S.; VORAGEN, A. J.; BERKEL, W. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 5, p. 384-395, 2006.

DUODU, K. G.; TAYLOR, J. R. N.; BELTON, P. S.; HAMAKER, B. R. Mini-review: factors affecting sorghum protein digestibility. **Journal of Cereal Science**, London, v. 38, p.117-131, 2003.

DYKES, L.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D.; ROONEY, W. L. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 17, p. 6813-6818, 2005.

DYKES, L.; ROONEY, L. W. Sorghum and millet phenols and antioxidants: review. **Journal of Cereal Science**, London, v. 44, p. 236-251, 2006.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Sorghum and millets in human nutrition**. 1995. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/t0818e/T0818E01.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2009.

FEDERAÇÃO NACIONAL DAS ASSOCIAÇÕES DE CELÍACOS DO BRASIL. **O que é a doença celíaca?** Disponível em: <<http://www.doencaceliaca.com.br/doencaceliaca>>

.htm> Acesso em: 25 mar. 2009.

GLEW, R. H.; VANDERJAGT, D. J.; LOCKETT, C.; GRIVETTI, L. E.; SMITH, G. C.; PASTUSZYN, A.; MILLSON, M. Amino acid, fatty acid, and mineral composition of 24 indigenous plants of Burkina Faso. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 10, p. 205-217, 1997.

GLITSØ, L. V.; BACH KNUDSEN, K. E. Milling of whole grain rye to obtain fractions with different dietary fibre characteristics. **Journal of Cereal Science**, London, v. 29, p. 89-97, 1999.

GONZÁLEZ, A. J. P. **Specialty sorghums in direct-expansion extrusion**. 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Texas A & M University, College Station.

GOUS, F. **Tannins and phenols in black sorghum**. 1989. Tese (Doutorado) - Texas A & M University, College Station.

HAGERMAN, A. E.; RIEDL, K. M.; JONES, G. A.; SOVIK, K. N.; RITCHARD, N. T.; HARTZFELD, P. W.; RIECHEL, T. K. High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 46, p.1887-1892, 1998.

HAMAKER, B. Chemical and physical aspects of food and nutritional quality of sorghum and millet. **INTSORMIL Annual Report**, Lincoln, p. 85-89, 2007.

HAMAKER, B. R.; MOHAMED, A. A.; HABBEN, J. E.; HUANG, C. P.; LARKINS, B. A. Efficient procedure for extracting maize and sorghum kernel proteins reveals higher prolamin content than the conventional method. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 7, p. 583-588, 1995.

HARALAMPU, S. G. Resistant starch: a review of the physical properties and biological impact of RS3. **Carbohydr Polym**, v. 41, p. 285-292, 2000.

HWANG, K. T.; WELLER, C. L.; CUPPETT, S. L.;

HANNA, M. A. Policosanol contents and composition of grain sorghum kernels and dried distillers grains. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 81, n. 3, p. 345-349, 2004.

ISAACSON, C. The change of the staple diet of black South Africans from sorghum to maize (corn) is the cause of the epidemic of squamous carcinoma of the oesophagus. **Medical Hypotheses**, v. 64, p. 658-660, 2005.

JENKINS, D. J. A.; FACN, M. D.; VUKSAN, V.; KENDALL, C. W. C.; WURSCH, P.; JEFFCOAT, R.; WARING, S.; MEHLING, C. C.; VIDGEN, E.; AUGUSTIN, L. S. A.; WONG, E. Physiological effects of resistant starches on fecal bulk, short chain fatty acids, blood lipids and glycemic index. **Journal of the American College of Nutrition**, New York, v. 17, n. 6, p. 609-616, 1998.

JOHNSON, I. T.; GEE, J. M. Resistant starch. **Nutrition and Food Science**, London, v. 1, p. 20-23, 1996.

KAMATHA, V. G.; CHANDRASHEKAR, A.; RAJINI, P. S. Antiradical properties of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) flour extracts. **Journal of Cereal Science**, London, v. 40, p. 283-288, 2004.

KANGAMA, C. O.; RUMEI, X. Introduction of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) into China. **African Journal of Biotechnology**, v. 4, p. 575-579, 2005.

KIL, H. Y.; SEONG, E. S.; GHIMIRE, B. K.; CHUNG, I.; KWON, S. S.; GOH, E. J.; HEO, K.; KIM, M. J.; LIM, J. D.; LEE, D.; YU, C. Y. Antioxidant and antimicrobial activities of crude sorghum extract. **Food Chemistry**, London, v. 115, p. 1234-1239, 2009.

KUMARI, R. S.; CHANDRASHEKAR, A.; FREDERIKSEN, R. A. Levels of three antifungal proteins during development, germination and in response to fungal infection in grain sorghum. **African Crop Science Journal**, v. 4, n. 1, p. 79-87, 1996.

- KUMARI, R. S.; CHANDRASHEKAR, A.; SHETTY, H. S. Antifungal proteins from sorghum endosperm and their effects on fungal mycelium. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 66, p. 121-127, 2006.
- McCARTHY, M. F. Policosanol safely down-regulates HMG-CoA reductase: potential as a component of the Esselstyn regimen. **Medical Hypotheses**, v. 59, p. 268-279, 2002.
- MAHGOUB, S. E. O.; AHMED, B. M.; AHMED, M. M. O.; EL AGIB, N. A. A. Effect of traditional Sudanese processing of kiswa bread andhulu-mur drink on their thiamine, riboflavin and mineral contents. **Food Chemistry**, London, v. 67, p. 129-133, 1999.
- MUIR, J. G.; O'DEA, K. Measurement of resistant starch: factors affecting the amount of starch escaping digestion *in vitro*. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 56, p. 123-127, 1992.
- MUTISYA, J.; SUN, C.; ROSENQUIST, S.; BAGUMA, Y.; JANSSEN, C. Diurnal oscillation of SBE expression in sorghum endosperm. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 166, p. 428-434, 2009.
- NILSSON, M.; AMAN, P.; HÄRKÖNEN, H.; HALLMANS, G.; KNUDSEN, K. E. B.; MAZUR, W.; ADLERCREUTZ, H. Content of nutrients and lignans in roller milled fractions of rye. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 73, p.143-148, 1997.
- OHR, L. M. Nutraceuticals and functional foods. **Functional Foods**, v. 58, n. 2, p. 71-75, 2004.
- ORIA, M. P.; HAMAKER, B. R.; SHULL, J. M. Resistance of sorghum α -, β - and γ -Kafirins to pepsin digestion. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 43, p. 2148-2153, 1995.
- PLATEL, K.; SHURPALEKAR, K. S. Resistant starch content of Indian foods. **Plant Foods for Human Nutrition**, New York, v. 45, n. 1, p. 91-95, 1994.
- PYLER, E. J. **Baking: science and technology**. 3. ed. Kansas: Sosland Publishing Company, 1988. v. 2.
- QUEIROZ, V. A. V.; CARNEIRO, H. L.; VASCONCELOS, J. H.; RODRIGUES, J. A. S. **Análise sensorial de um protótipo de barra de cereais elaborada com pipoca de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 164).
- REDDY, N. P.; ESWARA, J. M. Physiology and molecular biology of the lignin peroxidases of *Phanerochaete chrysosporium*. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 24, p. 285-290, 2002.
- REIS, B. L.; TOMAZ, P. A.; OLIVEIRA, D. S.; QUEIROZ, V. A. V.; MARTINO, H. S. D.; TARDIN, F. D.; SANT'ANA, H. M. P. Determinação dos isômeros da vitamina e em oito variedades de farinha de sorgo (*Sorghum bicolor*). In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19; SIMPÓSIO - MOSTRA CIENTÍFICA DA PÓS-GRADUAÇÃO, 9.; SIMPÓSIO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 7; SIMPÓSIO DE ENSINO, 3., 2009, Viçosa. [Anais]. Viçosa: UFV, 2009.
- RIEDL, K. M.; HAGERMAN, A. E. Tannin-protein complexes as radical scavengers and radical sinks. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 49, p. 4917-4923, 2001.
- ROONEY, L. W. Food and nutritional quality of sorghum and millet. **INTSORMIL Annual Report**, Lincoln, p. 105-114, 2001.
- ROONEY, L. W. Food and nutritional quality of sorghum and millet. **INTSORMIL Annual Report**, Lincoln, p. 91-93, 2007.
- ROONEY, L. W.; AWIKA, J. M. Overview of products and health benefits of specialty sorghums. **Cereal Foods World**, v. 50, p. 109-

115, 2005.

SANCHEZ, D. A. **White food-type sorghum in direct-expansion extrusion applications.**

2003. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Texas A & M University, College Station.

SANG, Y.; BEAN, S.; SEIB, P. A.; PEDERSEN, J.; SHI, Y. C. Structure and functional properties of sorghum starches differing in amylose content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 56, p. 6680-6685, 2008.

SCHAFFERT, R. E. Desenvolvimento de cultivares de sorgo para o uso na alimentação humana. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n. 144, p.13-14, 1986.

SCHOBER, T. J.; MESSERSCHMIDT, M.; BEAN, S. R.; PARK, S.; ARENDT, E. K. Gluten-free bread from sorghum: quality differences among hybrids. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 82, n. 4, p. 394-404, 2005.

SCHOBER, T. J.; BEAN, S. R.; BOYLE, D. L. Gluten-free sorghum bread improved by sourdough fermentation: biochemical, rheological, and microstructural background. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 55, n.13, p. 5137-5146, 2007.

SDEPANIAN, V. L.; MORAIS, M. B.; FAGUNDES-NETO, U. Doença celíaca: avaliação da obediência à dieta isenta de glúten e do conhecimento da doença pelos pacientes cadastrados na Associação dos Celíacos do Brasil (ACELBRA). **Arquivos de Gastroenterologia**, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 232-239, 2001.

SEITZ, L. M. Composition of sorghum grain wax. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 22, p. 247, 1977.

SHIN, S. I.; CHOI, H. J.; CHUNG, K. M.; HAMAKER, B. R.; PARK, K. H.; MOON, T. W. Slowly digestible starch from debranched waxy sorghum starch: preparation and properties. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 81, p. 404-408,

2004.

SINGH, H.; SODHI, N. S.; SINGH, N. Characterisation of starches separated from sorghum cultivars grown in India. **Food Chemistry**, London, v. 119, p. 95-100, 2010.

SUBRAHMANYAM, S. N.; HOSENEY, R. C. Shear thinning properties of sorghum starch. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 72, p. 7-10, 1995.

TABOSA, J. N.; FRANÇA, J. G. E. de; SANTOS, J. P. O.; MACIEL, G. A.; LIRA, M. de A.; ARAÚJO, M. R. A. de; GUERRA, N. B. Teste em linhas de sorgo no semi-árido de Pernambuco para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 12, p. 1385-1390, 1993.

TAYLOR, J.; TAYLOR, J. R. N. Alleviation of the adverse effects of cooking on protein digestibility in sorghum through fermentation in traditional African porridges. **International Journal of Food Science and Technology**, London, v. 37, p.129-138, 2002.

TOELLER, M. Fibre consumption, metabolic effects and prevention of complications in diabetic patients: epidemiological evidence. **Digest Liver DIS**, v. 34, n. 2, p. S145-S149, 2002.

TOMAZ, P. A.; QUEIROZ, V. A. V.; MARTINO, H. S. D.; RIBEIRO, S. M. R.; TARDIN, F. D.; SILVA, C. O. Determinação de minerais em diferentes cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor*). In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19; SIMPÓS - MOSTRA CIENTÍFICA DA PÓS-GRADUAÇÃO, 9.; SIMPÓSIO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 7; SIMPÓSIO DE ENSINO, 3., 2009, Viçosa. **[Anais]**. Viçosa: UFV, 2009.

VORAGEN, A. G. J. Technological aspects of functional food-related carbohydrates. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 9, p. 328-335, 1998.

WALTER, M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T. Amido resistente: características físico-químicas,

propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 974-980, 2005.

WANISKA, R. D. Structure, phenolic compounds, and antifungal proteins of sorghum caryopses. In: CHANDRASHEKAR, A.; BANDYOPADHYAY, R.; HALL, A. J. (Ed.). **Technical and institutional options for sorghum grain mold management**: proceedings of an international consultation. Patancheru: ICRISAT, 2000.

Disponível em:

<<http://www.icrisat.org/text/research/grep/homepage/sgmm/chapter4.htm>>. Acesso em: 1 dez. 2009.

WANISKA, R. D.; POE, R. D.; BANDYOPADHYAY, R. Effects of growth conditions on grain molding and phenols in sorghum caryopsis. **Journal of Cereal Science**, London, v. 10, p. 217-225, 1989.

YANG, L.; BROWNING, J. D.; AWIKA, J. M. Sorghum 3-Deoxyanthocyanins possess strong phase II enzyme inducer activity and cancer cell growth inhibition properties **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 57, p.1797-1804, 2009.

YETNEBERK, S.; DE KOCK, H. L.; ROONEY, L. W.; TAYLOR, J. R. N. Effects of sorghum cultivar on injera quality. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 81, p. 314-321, 2004.

ZHAN, X.; WANG, D.; TUINSTRA, M. R.; BEAN, S.; SEIB, P. A.; SUN, X. S. Ethanol and lactic acid production as affected by sorghum genotype and location. **Industrial Crops and Products**, v. 18, p. 245-255, 2003.

Circular Técnica, 133

Ministério da Agricultura
Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Endereço: Rod. MG 424 Km 45 Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027 1100

Fax: (31) 3027 1188

E-mail: sac@cnpms.embrapa.br

1a edição

1a impressão (2009): 200 exemplares

Comitê de Publicações

Presidente: Antônio Álvaro Corsetti Purcino

Secretário-Executivo: Flávia Cristina dos Santos

Membros: Elena Charlotte Landau, Flávio Dessaune
Tardin, Eliane Aparecida Gomes, Paulo Afonso Viana e
Clenio Araujo

Expediente

Revisão de texto: Clenio Araujo

Normalização Bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Editoração eletrônica: Communique Comunicação